

回収砂添加による自硬性鋳型の特性について

養 田 実・中田登志夫

Characteristics of Self-Hardening Mold by the Addition of Reclaimed Sand.

Minoru YOHDA・Toshio NAKADA

Generally the reclaimed sand had been casted off except only in case of the usage for the back sand at foundries.

In these days, it is not easy to cast it off for want of the open space and the up of sand price.

Especially, in case of self-hardening mold bonded with sodium silicate, the reclamation of the sand is very difficult, and the up of sand price makes influence on production cost.

Therefore in this experiment, using the reclaimed sand heated on each temperatures given by us after casting, in order to know the properties of the reclaimed sand on the mold.

We studied the relation between the properties of the self-hardening mold and the changes of the temperature, with regard to the rate of combination on several kinds of the reclaimed sand. We made the molds using several kinds of the reclaimed sand repeatedly and studied also on the change of the properties of the self-hardening mold.

The results obtained are as follows:

- 1) The higher the heat influence on the reclaimed sand rises, the lower become properties of self-hardening mold.
- 2) About the effects of the various temperature on the mold sand, we could recognize that when the temperature become lower, decrease the mold properties on the each reclaimed sand.
- 3) We used several kinds of reclaimed sand repeatedly and recognized when the reclaimed sand influenced a little by the heat was used, the mold properties decrease only a little, on the other hand, when the sand influenced much by the heat, the mold properties remarkably decrease.

1. 緒 言

鋳物工場では、古砂は従来、裏砂として使用される以外はほとんど捨てられていたが、今日では投棄場所の制約、砂コストの上昇等のため、容易に廃棄されなくなった。

特に、けい酸ソーダを粘結剤とする鋳型では砂回収は非常に困難とされ、生産費における砂コストの上昇が大きい。

けい酸ソーダ・けい酸カルシウム塩自硬性鋳型の場合においても同様である。

それは、砂の中にアルカリ分であるけい酸ソーダを添加することであるから、砂の反復使用によるアルカリ分の増加、粘土分及び微粉の増加に伴い、混練後の砂の可使時間の短縮、強度の低下、表面安定度の悪化、耐火度の低下、高温域での軟化、等の鋳型特性の劣化が認められる。

これを改善するためには、回収砂の砂粒子表面に付着したけい酸ソーダの水洗、加熱によるシリカゲルの熔融ガラス化、衝撃、スクラッピングによる機械的はく離、等があるがその効果は小さい。

そこで今回は、本鋳型の回収砂の性質をはあくするため、鋳型に注湯される際に鋳物砂が熱影響を受けるが、砂の場所によってその温度が相違することに着目して、鋳物砂を各種の温度に加熱した回収砂を用い、各種古砂の配合割合による常温圧縮強さ、表面安定度、残留強度、粒度、粘土分及び気温変化との関係を検討し、また 各種古砂を繰返し使用したときの 常温圧縮強さ、表面安定度、等の鋳型特性の変化についても検討した。

2. 供試材および実験方法

2.1 供試材

本実験に使用したけい酸ソーダの性状およびけい砂（三河5号けい砂）、フェロクロムスラグ（日本重化学製造）の化学成分、粒度分布を表-1～表-5に示す。

表-1 けい酸ソーダの性状

No.	モル比	Be'	Na ₂ O	SiO ₂	比重
1	2.5	52	13.05	32.09	1.57

表-2 けい砂の粒度分布

粒度 (mesh)	14	20	28	35	48	70	100	150	200	270	pan
%	0.6	0.8	2.4	19.2	34.8	26.8	10.0	4.4	0.4	0.2	0.2

表-3 けい砂の化学分析値

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MnO	MgO	Ig.Loss
%	98.00	0.98	0.32	0.09	0.09	0.09	0.2

表-4 フェロクロムスラグの粒度分布

粒度(μ)	> 149	149~74	74~53	< 53
%	0.8	6.5	7.0	85.1

表-5 フェロクロムスラグの化学分析値

成分	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	その他
%	50.8	27.0	8.3	9.8	0.1

2.2 実験方法

三河5号けい砂に対し各古砂を、20、40、60、80、100 %配合し、小型シンプソン・ミル（容量10kg、36rpm）で次のように配合混練した。

（新砂+古砂）（10sec混合）→フェロクロムスラグ3 %^(wt) 添加（30sec混合）→モル比 2.5 けい酸ソーダ6 %^(wt) 添加、（気温5℃の場合は150sec、30℃の場合120sec混練）、した。

混練後、すばやく50mm^φ×50mm^h試験片を作り、恒温恒湿器に設定した実験条件（気温5℃、30℃に対し湿度70%）中で、24時間放置し、圧縮強さは3tonアムスラー試験機で測定し、残留強度は低温域200℃、高温域1000℃を測定した。表面安定度は、JISにもとづきロータップ型自動ふるい器でサンプルを6 meshふるい上で60sec揺動後の重量変化で示し、粘土分は回転水洗器を用い、粒度分布はロータップ型自動ふるい器で15 min揺動後、各粒度の重量百分率で示した。

3. 古砂の作成法

三河5号けい砂3 kgとモル比 2.5 けい酸ソーダ6 %^(wt)、フェロクロムスラグ3 %^(wt)、添加混練後、すばやく50mm^φ×50mm^hの試料を作成して、各条件に設定した恒温恒湿器中（気温5℃、30℃に対し湿度70%）で24時間放置後、200℃、600℃、1000℃に保持された炉の中で一定時間、加熱して大気中で冷却して破碎したものを古砂として使用した。

4 実験結果及び考察

4.1 各種古砂の添加による 圧縮強さ及び表面安定度

まず、鋳込み後の熱影響の度合によって、古砂添加量が鋳型特性にどの程度、影響を与えるかについて検討した。

気温30℃、湿度70%一定にして、けい酸ソーダモル比 2.5 のものについて、200℃、600℃、1000℃に加熱された古砂の添加量を、20、40、60、80、100 %と変化させたときの、放置圧縮強さ、表面安定度との関係を図-1に示す。

回収砂添加による自硬性鑄型の特性について

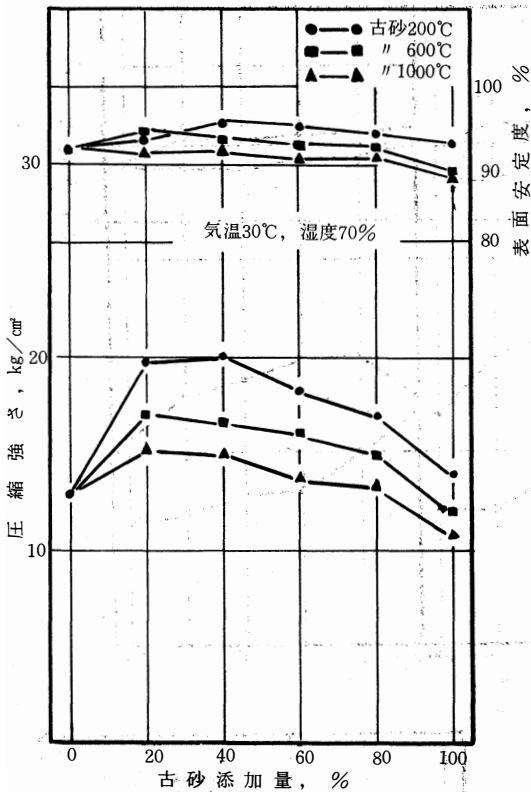


図-1 各温度に加熱された古砂の添加量による圧縮強さ、表面安定度

まず 200℃ 古砂 の場合を見ると、古砂添加量が 20～40%において、24時間放置圧縮強さは最高値を示し、また、これ以上添加量を増加させると漸次低下する傾向を示す。

前者は、けい酸ソーダとスラグとの反応生成物の蓄積により、これが、鑄型中に残存する未反応けい酸ソーダの脱水を促進するためと考えられ、古砂添加量が多くなると放置圧縮強さの低下が認められるのは、古砂添加量の増加に伴う微粉の増加が一定体積中の砂の表面積を増すため、新砂と共に 加えられるけい酸ソーダが砂粒子にうすく被膜され易く、従って、大気あるいはスラグとの反応が速くなるためであり、また、古砂表面のシリカゲル・凹凸によって古砂表面または粒子間に対し、新しく添加したけい酸ソーダの被覆が不十分であるためと考えられる。¹⁾

表面安定度も同じように、古砂添加量20～40%で最高を示し、古砂 100 %添加した場合においても92

%の高い表面安定度が認められる。600℃、1000℃各古砂の場合においても同様に、圧縮強さ、表面安定度、共に古砂添加量20～40%で最高値を示す。

圧縮強さ、表面安定度は、200℃古砂、600℃古砂、1000℃古砂と順に低下が認められる。このことは、けい砂が高温に急激に加熱されると、砂自身が変態を起こし、容積が増大し密度が小さくなるため²⁾、すなわち鑄型内での砂のつまりが悪くなるためであると考えられる。

また、未反応けい酸ソーダ、硬化生成物がなんらかの影響を与えるものと思われる。

4・2 各種古砂の気温変化による圧縮強さ及び表面安定度

気温の変化が、各種古砂の添加量によって鑄型特性に影響を及ぼすかについて、図-2 に示す。

まず 200℃古砂について、一般的にいて気温 5℃では 気温30℃よりも古砂添加量が増加すると、圧縮強さ、表面安定度の低下が認められる。

これは 気温30℃においては、けい酸ソーダとスラグとの硬化反応が活発となり、硬化生成物が多いため、これが鑄型中に残存する未反応けい酸ソーダの脱水を早めるために、圧縮強さ 表面安定度を高めるためと考えられ、気温 5℃では 硬化反応が緩慢であり、未反応けい酸ソーダの脱水が不十分であるため圧縮強さ、表面安定度の低下が認められるものと考えられる。³⁾

600℃古砂、1000℃古砂の場合においても、気温 5℃においては30℃よりも、圧縮強さ、表面安定度の低下が認められる。

気温が低い場合、古砂添加量が多くなると、圧縮強さ、表面安定度の劣化が著しい。

4・3 各種古砂添加量による残留強度

気温30℃、湿度70%中で、各種古砂の添加量による 200℃、1000℃、加熱後の残留強度の変化を図-3 に示す。

まず 200℃古砂について見ると、200℃残留強度の場合においては、古砂添加量の増加と共に 残留強度の低下を示し、1000℃ 残留強度の場合においては逆に高くなっている。

このことは、200℃残留強度の場合、古砂添加量が多くなると、古砂中に残存する未反応スラグも多くなり、新砂と共に添加する けい酸ソーダと硬化反

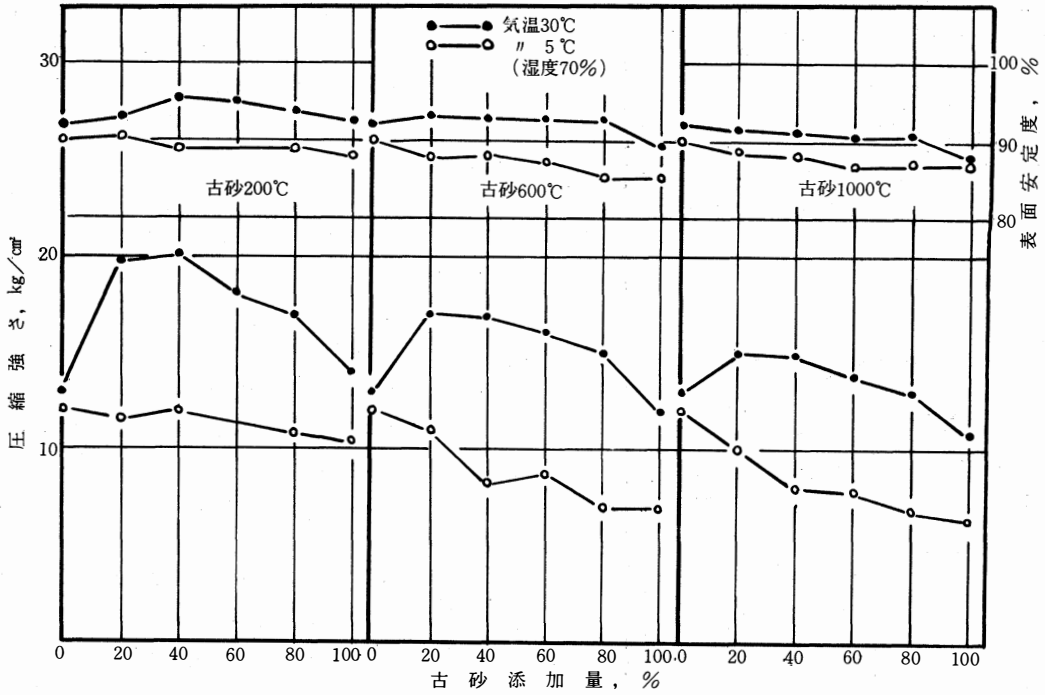


図-2 気温の変化による圧縮強さ、表面安定度

応を起こすため鑄型中に残存する 未反応けい酸ソーダが少なくなることにより、加熱乾燥脱水による 200°C 残留強度の低下が認められたものと考えられる。

1000°C 残留強度が古砂添加量と共に高くなることは、古砂に残留する酸化ナトリウム (Na_2O) が添加量と共に 多くなり、高温に加熱されたとき、これが鑄型の焼結を促進することにより、1000°C 残留強度が高く現われたものと考えられる。

600°C、1000°C 各古砂においても同様に古砂添加量が多くなるに伴って、200°C 残留強度は低くなり、1000°C 残留強度は逆に高くなっている。

4・4 各種古砂の気温 5°C、30°C における粒度指数及び粘土分

気温 5°C、30°C における各種古砂の粒度指数及び粘土分の変化を表-6、表-7 に示す。

表-6 各種古砂の気温 5°C、30°C に於ける粒度指数

気 温	古 砂 の 種 類			
	200°C	600°C	1000°C	5 号珪砂
5°C	70.2	67.4	57.1	78.9
30°C	71.5	69.8	58.1	78.9

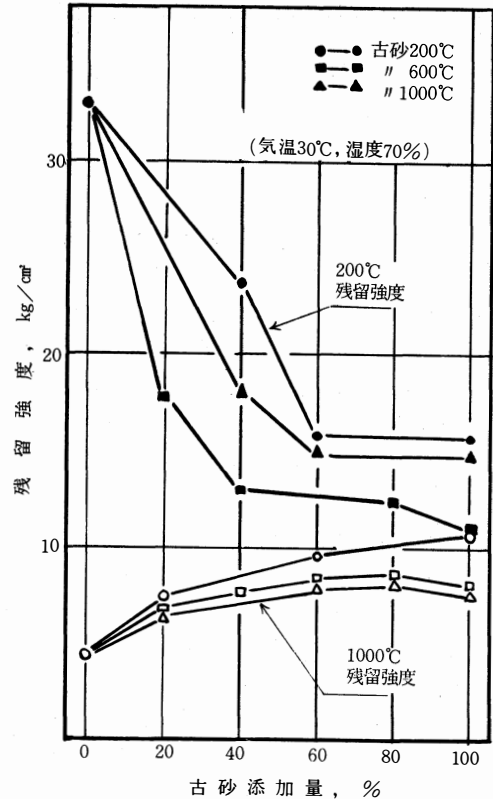


図-3 各温度に加熱された古砂添加量による 200°C、1000°C における残留強度

回収砂添加による自硬性鋳型の特性について

表-7 各種古砂の気温5℃、30℃に於る粘土分

気 温	古 砂 の 種 類			
	200℃	600℃	1000℃	5号珪砂
5℃	0.7 %	0.64%	1.0%	0
30℃	2.05%	1.3 %	2.7%	0

砂の粗さを求めるため粒度指数を次のように求めた。

$$F \cdot N = \frac{\sum (W_n \times S_n)}{\sum W_n}$$

ここに F・N：粒度指数

W_n：各フルイ面上の重量(g)

S_n：表-8に与えられる粒度係数

表-8 各メッシュの粒度係数

メッシュ	4	8	10	14	20	28	35
S _n	5	8	11	16	22	32	45
メッシュ	48	70	100	150	200	270	pan
S _n	63	89	126	178	253	357	620

気温5℃、30℃共に粒度は、200℃古砂、600℃古砂、1000℃古砂と順に粗くなっている。

このことは、砂の表面に被覆した 未反応けい酸ソーダが加熱焼結して、砂粒子自身が粗くなるためであると考えられる。

気温5℃が30℃よりも粗く認められることはこの未反応けい酸ソーダが多くなったためと考えられる。

粘土分は、各種古砂の差はあまり認められないが、気温30℃では、気温5℃よりも各種古砂共に粘土分は多く現われている。

このことも、けい酸ソーダとスラグとの硬化反応の多少によって、影響を受けるものと考えられる。

4・5 各種古砂を繰返し使用したときの、圧縮強さ及び表面安定度

気温5℃、湿度70%中で、各種古砂を繰返し使用したときの 圧縮強さ、表面安定度の変化を図-4に示す。

これを見ると、200℃古砂及び600℃古砂においては、繰返し使用による圧縮強さ及び表面安定度の低下は小さいが、1000℃古砂では 繰返し使用による 圧縮強さ及び表面安定度の劣化が著しい。

このことは、けい砂が繰返し加熱 冷却による けい砂自身の変態によって、砂粒に亀裂が入ることと、密度が小さくなるために砂のつまりが悪くなるため、

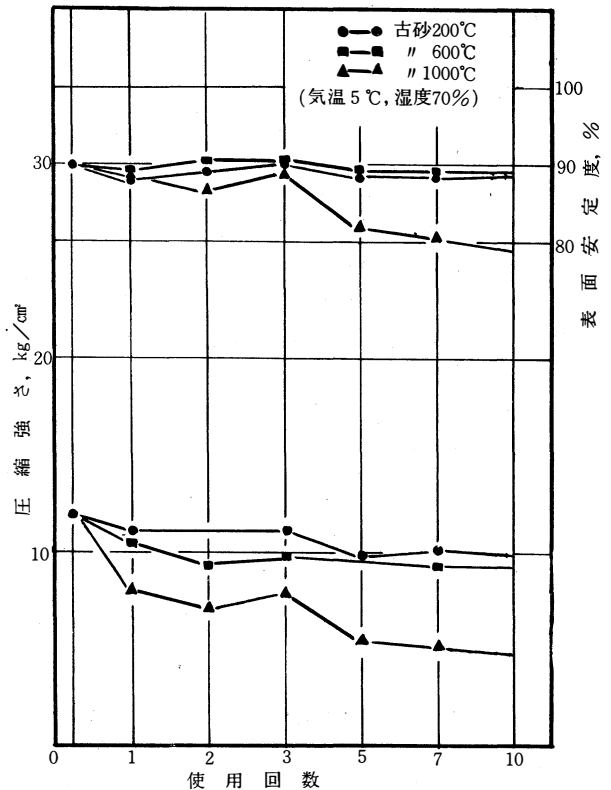


図-4 各種古砂を反復使用したときの圧縮強さ、表面安定度

熱影響を大きく受ける1000℃古砂を繰返し使用することによる 圧縮強さ、表面安定度の劣化が認められたものと考えられる。

気温30℃の場合においても 同様に200℃古砂、600℃古砂を繰返し使用しても、圧縮強さ、表面安定度の低下は小さいが、1000℃古砂の場合では逆に低下は著しい。

4・6 各種古砂を繰返し使用による密度

気温5℃、湿度70%中で、各種古砂を繰返し使用したときの密度変化を表-9に示す。

表-9 各種古砂の繰返し使用による密度変化 (気温5℃、湿度70%)

古砂 200℃

使用回数	1	2	3	5	7
密 度(g/cm³)	1.31	1.29	1.28	1.33	1.32

古砂 600℃

使用回数	1	2	3	5	7
密 度(g/cm³)	1.31	1.28	1.26	1.29	1.27

古砂 1000℃

使用回数	1	2	3	5	7
密度(g/cm ³)	1.30	1.28	1.27	1.26	1.20

これを見ると、200℃古砂、600℃古砂、1000℃古砂と順に密度が小さくなっている。これは、けい砂の $\alpha \rightarrow \beta$ 変態が573℃に起こすことにより膨脹するために小さくなるものと考えられる。

また、200℃、600℃古砂においては繰返し使用と共に密度の変化は小さいが、1000℃古砂では使用回数と共に密度は順次小さくなっている、このことも、各種古砂を繰返し使用によって、圧縮強さ、表面安定度に何らかの影響を与えるものと思われる。

4・7 各種古砂を繰返し使用による粒度指数及び粘土分

気温5℃、湿度70%における各種古砂を繰返し使用した時の粒度指数及び粘土分の変化を表-10に示す。

表-10 各種古砂の繰返し使用による粘土分、粒度指数
(気温5℃、湿度70%)

古砂 200℃

使用回数	1	2	3	5	7
粘土分(%)	0.7	1.2	2.2	2.6	2.7
粒度指数	68.7	62.2	63.6	58.6	57.6

古砂 600℃

使用回数	1	2	3	5	7
粘土分(%)	0.64	0.8	0.7	0.9	1.14
粒度指数	68.7	62.5	59.5	58.6	55.0

古砂 1000℃

使用回数	1	2	3	5	7
粘土分(%)	1.0	0.2	0.4	2.0	0.93
粒度指数	57.3	63.9	60.8	68.8	70.2

粒度は繰返し使用することにより、200℃古砂、600℃古砂では粗くなっているが、1000℃古砂では他の古砂とは逆に粒度は細くなっている。

これは、砂粒を1000℃に加熱冷却を繰返しすることにより、砂粒に亀裂が入り、破碎すると割れるために細くなると考えられる。

気温5℃、湿度70%中で、200℃古砂を繰返し使用したときの、粒度分布の移行を図-5に示す。

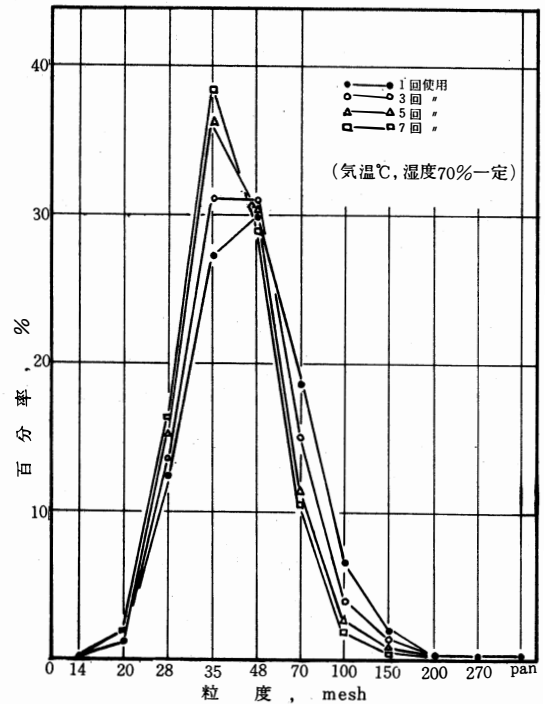


図-5 古砂を繰返し使用したときの粒度分布図
(200℃古砂)

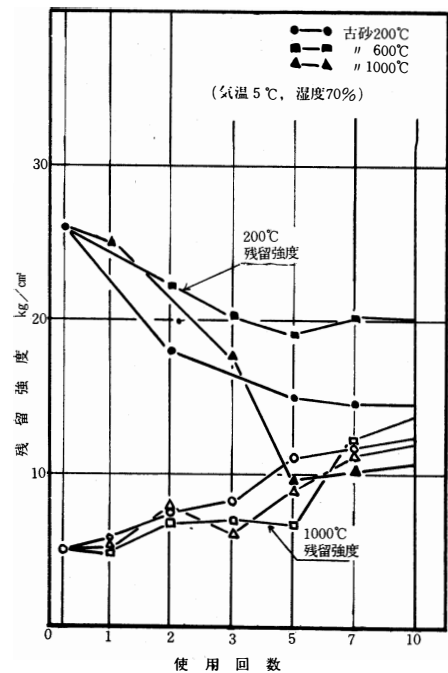


図-6 各種古砂を繰返し使用したときの残留強度

回収砂添加による自硬性鑄型の特性について

これを見ると、使用回数が1、3、5、7回と順に粒度が粗くなっていることが認められる。

粘土分は、各種古砂を繰返し使用することによって多くなっている。

4・8 各種古砂を繰返し使用による残留強度

気温5℃、湿度70%中で、各種古砂を繰返し使用したときの、200℃、1000℃に加熱後の残留強度の変化を図-6に示す。

一般的に、各種古砂は、繰返し使用によって低温域200℃残留強度は使用回数と共に低下し、高温域1000℃残留強度では逆に使用回数に伴って高くなっている。

200℃残留強度が使用回数と共に低下するのは、鑄型中に残存する未反応けい酸ソーダが少なくなることによるものと考えられ、また、1000℃残留強度においては、高温域で鑄型の焼結を促進する酸化ナトリウム(Na_2O)分が繰返し使用回数と共に増加するため、高温域における残留強度を高めるものと考えられる。

5. 結 論

- (1) 気温30℃においては各種古砂添加量を増加すると、圧縮強さは20～40%添加した場合に最高を示し、あまり熱影響の少ない、200℃古砂では100%添加しても、圧縮強さは低下はしない。しかし、600℃、1000℃古砂では、添加量を80%以上になると圧縮強さは低下する。

気温5℃においては、各古砂共、漸次 添加量を増加すると共に 圧縮強さは低下する。

古砂の熱影響が大きい程、圧縮強さの低下が認められる。

- (2) 表面安定度は、気温30℃においては 各古砂の添加量が20～40%で最高を示し、200℃古砂では低下は認められない。

気温5℃に於いては各古砂共、漸次 添加量を増加するに伴って 表面安定度は低下する。

熱影響を大きく受ける古砂程、表面安定度が低下する。

- (3) 気温の変化に対しては、各古砂共 気温の影響を受けやすく、気温が低下すると圧縮強さ、表面安定度の低下が認められ、気温の変化に対しては古砂配合を十分に注意すべきである。

- (4) 残留強度は、低温域で 添加量と共に低下し、高温域では逆に高くなる。

- (5) 各古砂を 繰返し使用すると、比較的熱影響の少ない200℃、600℃古砂では、鑄型特性の低下は小さいが、熱影響を受ける1000℃古砂においては圧縮強さ、表面安定度の劣化が著しい。

- (6) 古砂を繰返し使用することにより、低温域での残留強度は低下し、高温域での残留強度は高くなる。

- (7) 古砂を繰返し使用することにより、粘土分は多くなり、粒度は200℃、600℃古砂においては粗くなるが、1000℃古砂では逆に細くなる。

- (8) 本自硬性鑄型の、鑄込み後の熱影響による古砂の影響について、比較的熱影響を受けない古砂においては、鑄型特性の劣化は小さく 繰返し使用しても 十分使用できるが、高温にさらされた古砂を繰返し使用すると、鑄型特性の劣化が著しい。ゆえに、高温にさらされた古砂を 廃棄することが、本自硬性鑄型の古砂を回収し、鑄型特性を悪化せずに 繰返し使用出来るものと考えられる。また、高温における鑄型の焼結による崩壊性の悪化も十分に考慮すべきである。

文 献

- 4) 森、ダイカル鑄型に関する研究〔3〕1968. 24
2) 日刊工業 普通鑄型 4
3) 養田、吉本・富山大学工学部紀要・21(1973)2・20
4) 養田、吉本、中田・富山大学工学部紀要25(1974)3・28